Tome 61, nº 4. — Mars 1954

Inkretorische Drüsenkomplexe im Gehirn decapoder Cephalopoden

(Untersuchungen an *Illex coindeti*)

von

H. R. HAEFELFINGER
(Zoologische Anstalt der Universität Basel.)

Mit 5 Textfiguren.

EINLEITUNG

Seitdem die Erforschung innersekretorischer Funktionen sich auf Wirbellose ausdehnte, standen auch die Cephalopoden im Brennpunkt des Interesses. Die ersten Publikationen, welche dieses Gebiet berührten, erschienen 1928 durch Sereni und Hutchinson. Sie gaben den Anlass zu weiteren Untersuchungen, in deren Verlauf gezeigt wurde, dass sich in den verschiedensten Organen hormonale Funktionen nachweisen oder zum Mindesten annehmen lassen.

Bis zum heutigen Zeitpunkt sind folgende Organe mit einiger Sicherheit als innersekretorisch tätig anzusehen: Pedunculardrüsen, Corpus subpedunculatum, Neurosekretorische Drüsen im Cerebralganglion, Stellarganglion, hintere Speicheldrüsen bei Octopoden, Kiemendrüsen, Kiemenherzanhänge, sowie die von S. Thore beschriebenen Drüsenkomplexe im Gehirn der Decapoden. Die meisten dieser Arbeiten befassten sich fast ausschliesslich mit der morphologischen Seite des Problems. Dies vor allem, weil sich physiologischen Versuchen an Cephalopoden beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen. Wir sind deshalb noch weit von den Kenntnissen entfernt, die man in dieser Beziehung z.B. von den Arthropoden hat.

Die vorliegende Untersuchung gibt einen Beitrag zur Kenntnis inkretorischer Drüsenkomplexe im Gehirn von *Illex coindeti*, eines pelagisch lebenden, decapoden Cephalopoden. Sie wurde angeregt durch die neue Bearbeitung der Cephalopoden für den *Traité de Zoologie*, die Prof. A. Portmann gegenwärtig durchführt.

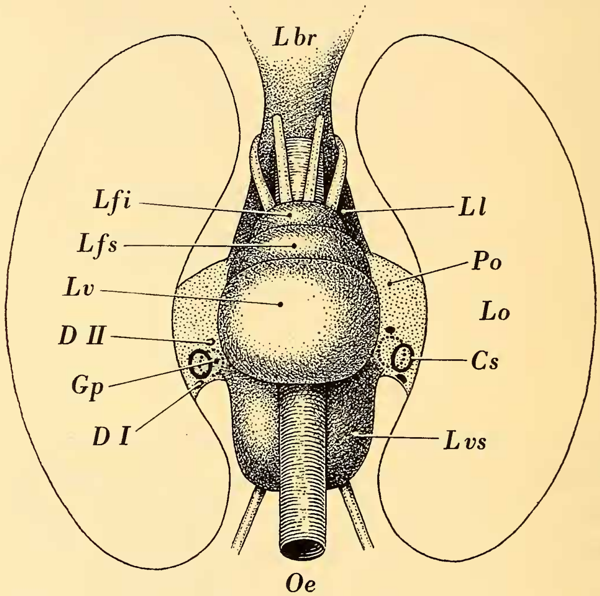


Abb. 1.

Schematische Übersicht des Gehirns von *Illex coindeti*. Um den Pedunculus opticus sichtbar zu machen, sind die Lobi optici angeschnitten.

MATERIAL UND METHODE

Es standen mir zwei Gehirne zur Verfügung, welche in 75% Alkohol konserviert waren. Dadurch waren den Methoden der Untersuchung enge Grenzen gesetzt.

Beide Objekte wurden mit Hilfe normaler Laboratoriumsmethoden behandelt. (Paraffineinbettung, Hämalaun — Benzopurpurinfärbung bei der sagittalen Schnittserie, Hämalaun-Lichtgrün bei der Querschnittserie.)

Von Vorteil wäre es, wenn die Objekte samt der sie umgebenden Knorpelkapsel geschnitten werden könnten, denn die vorherige Entfernung derselben ergibt für die Untersuchung unliebsame Verletzungen der Gehirnoberfläche und Blutgefässe, wie dies bei den vorliegenden Objekten der Fall war.

Das zentrale Nervensystem von *Illex* setzt sich aus vier Hauptteilen zusammen: Lobus cerebralis, Lobus visceralis, Lobus lateralis und Lobus brachialis. Dazu kommen die beiden hemisphärenartigen Lobi optici und ihre Verbindungen mit dem Gehirn: die Pedunculi optici. Mit Ausnahme der Letzteren sind alle Teile äusserlich gut erkennbar.

Eine Trennung von Cerebral und Visceral-lateral Komplex entsteht durch den Oesophagus, der zwischen diesen Teilen durchzieht.

Im Pedunculus opticus findet sich das Ganglion pedunculi mit den äusserlich gut sichtbaren Corpora subpedunculata. Die Untersuchung beschänkt sich auf das Gebiet des Opticusstieles, da er vor allem Sitz der inkretorischen Drüsenkomplexe ist (Abb. 1).

Die Abbildungen wurden von Fräulein Sabine Baur gezeichnet.

DIE INNERSEKRETORISCHEN DRÜSEN BEI DECAPODEN

Thore zeigt (1939 *c*), dass bei vielen Decapoden in der Region des Pedunculus opticus Organe vorkommen, die wahrscheinlich neurosekretorische Funktionen aufweisen.

Bei *Sepia* bestehen sie jederseits aus 15—20 Einzelkörpern von 50—100 μ Durchmesser, zum Teil im Bindegewebe des Gehirns, zum Teil in der Ganglienzellenrinde eingeschlossen. *Loligo* und *Eusepiola* weisen eine geringere Anzahl auf: die Körper sind jedoch volumenmässig grösser und stets innerhalb der Ganglienzellenschicht.

Am umfassendsten ausgebildet ist das System, unter den wenigen bisher untersuchten Formen, bei *Illex.* Eine Drüsengruppe (D I) liegt hier auf der caudalen Seite des Pedunculus opticus, die zweite (D II) dorsal auf diesem, etwas medialwärts vom Corpus subpedunculatum.

In der Querschnittserie findet sich der grössere Drüsenkomplex schräglateral unter dem Corpus subpedunculatum, zum Teil noch ans Ganglion opticum grenzend. Die Masse betragen in rostral-caudaler Richtung 800 μ, lateral 300 μ und in dorsal-ventraler Richtung 600 μ. Eine Rekonstruktion konnte der mangelhaften Differenzierung der Schnitte wegen nicht durchgeführt werden.

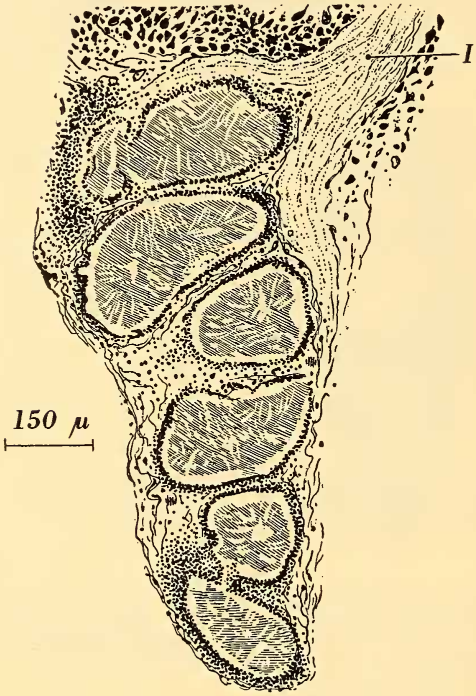


Abb. 2.
Sagittales Schnittbild der Drüse D I.

Viel deutlicher wird die Anordnung aus den Sagittalschnitten ersichtlich. Die Drüsen liegen hier senkrecht unter dem Corpus subpedunculatum (rund 1500 μ). Sie werden vom Ganglion opticum sozusagen umfasst, müssten aber beim Entfernen desselben als kleine lappenförmige Anhänge sichtbar werden. Es scheint nämlich, dass sie nicht auf der ganzen Länge mit dem Pedunculus verwachsen sind, sondern zum Teil frei in die gallertartige Bindegewebshülle hineinragen. Die Masse betragen 400 μ × 750 μ × 1400 μ. Sie zeigen also im Vergleich mit dem quergeschnittenen Gehirn Abweichungen sowohl in der Grösse als auch der Ausdehnung in den verschiedenen Richtungen.

Das Schnittbild zeigt grosse untereinander oder auch nebeneinander liegende alveoläre Drüsen, welche mit Sekret angefüllt sind (Abb. 2). Eine oberflächliche Betrachtung lässt den Schluss zu, dass es sich um voneinander isolierte Einzelfollikel handelt, wie dies ja bei *Sepia* der Fall ist.

Erst eine Rekonstruktion ergab Aufschluss über den Aufbau des Systems. In unserem Fall setzt sich die Drüse aus zehn Einzelkörpern zusammen, die scheinbar ohne Bauplan zu einem Hohlraumsystem vereinigt werden. Wie sich bei der Betrachtung des symmetrischgelegenen Komplexes zeigt, dürfte die Anzahl der Einzelkörper aber stark variabel sein.

Auffällig ist bei der speziell untersuchten Drüse sowohl in Grösse als auch Form der Follikel 1, welcher sich dorsoventral als langgezogener Streifen erstreckt. Im Gegensatz zu THORE, der durchwegs von länglichen Follikeln spricht, ergab sich aus den vorliegenden Präparaten, dass die Körper 2—10 von mehr rundlich — ovoider Form sind. Die durchschnittliche Grösse kann zu 300 μ × 200 μ × 250 μ angenommen werden (Abb. 3 *b*).

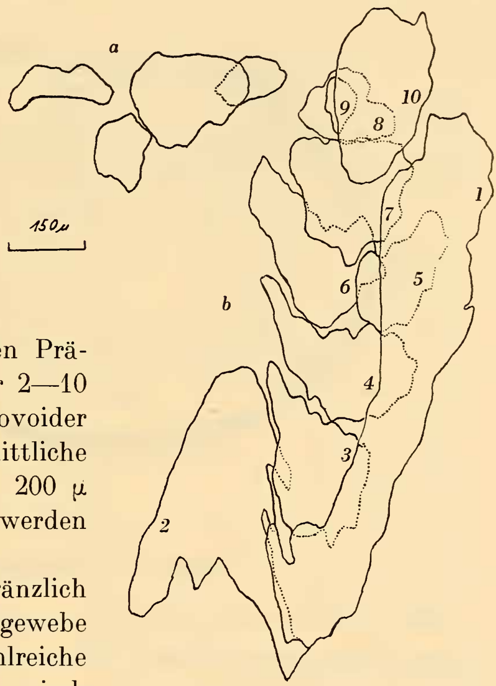


ABB. 3.
Rekonstruktion der Drüsenkomplexe (rechts), Ansicht von caudal. *a)* D II; *b)* D I.

Die Drüse ist fast gänzlich von gallertartigem Bindegewebe eingehüllt, in welches zahlreiche Blutgefässe eingebettet sind. Besonders stark ist dies im oberen Teil des Follikels 1 der Fall, der an jener Stelle mit dem Ganglion opticum verwachsen ist.

Die Follikel stehen alle miteinander in Verbindung. Soweit dies erkennbar ist, geschieht es nicht systematisch, nach einem festfixierten Bauplan, sondern ziemlich regellos. (Tabelle.) Es scheint, dass von Follikel zu Follikel eine Verbindung entsteht, wenn sie bei ihrem Wachstum aneinander stossen. So kann jeder Follikel mit ein bis mehreren anderen kommunizieren. Ziemlich eindeutig ist im Hinblick auf die schon oben erwähnte, besonders

intensive Umblutung, dass Follikel 1 eine übergeordnete Rolle spielt und vielleicht eine Art Sammelbehälter darstellt.

Die schon von Thore beschriebene Innervierung des Komplexes hat sich in den vorliegenden Präparaten bestätigt. Das Ganglion pedunculi sendet einige kleinere Nervenfasern aus, die sich im Bindegewebe der Drüse verästeln. Möglicherweise sind jedoch auch Fasern aus dem Pedunculus opticus direkt daran beteiligt.

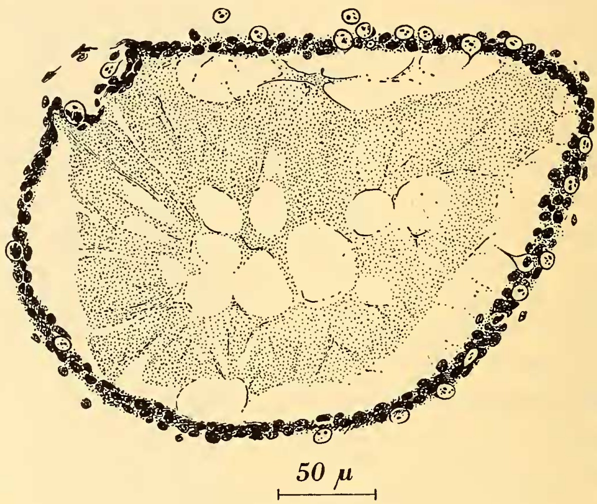


Abb. 4.
Einzelner Drüsenfollikel.

Eine weitere Drüsenansammlung befindet sich auf dem Pedunculus zwischen dem Ganglion opticum und dem Lobus cerebralis. Sie ist wesentlich kleiner als die erstere (400 μ × 300 μ × 300 μ) und besteht nur aus vier Follikeln, von denen mit Sicherheit nur zwei miteinander in Verbindung stehen. (Abb. 3 *a*.) Auch fehlt hier eine Innervierung vollständig. Ob die beiden Drüsenkomplexe die gleiche Funktion ausüben, bleibt dahingestellt, auf alle Fälle stehen sie nicht in direkter Beziehung zu einander.

Zum feineren Aufbau der Follikel in den beiden erwähnten Komplexen ist folgendes zu bemerken: Das Lumen des Follikels wird umgeben von kleinen basophilen Zellen, deren Form stark variert, die sich aber beinahe lückenlos aneinander reihen. Sie sind durchwegs intensiv gefärbt, doch können im Kern noch einzelne Granula unterschieden werden. Das Plasma ist stark geschrumpft

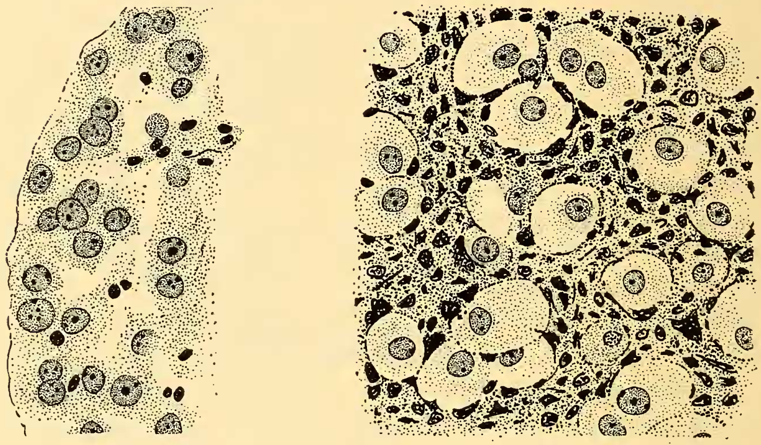
und daher kaum erkennbar. Die Kerngrösse beträgt rund 4,5 μ. Ausserhalb dieser 1—2 Zellagen dicken Schicht findet sich noch ein gänzlich anderer Zelltypus. Er ist von rundlich bis ovaler Form mit einem Kerndurchmesser von 7—8 μ. Die Substanz ist nur leicht angefärbt, sodass die Granulastruktur deutlich hervortritt. Diese Zellen finden sich sozusagen als konzentrischer Ring um die Wandzellen, ebenfalls in einer Ausdehnung, die ein bis zwei Zelldurchmessern entspricht. (Abb. 4.) Das ganze Gebilde ist in Bindegewebe eingehüllt, in welchem sich nur ganz wenige, dunkelgefärbte Zellen vom Ganglientypus finden, die eine Kerngrösse von 4 μ aufweisen. Ebenso liegen im Bindegewebe zahlreiche Blutgefässe. Thore nimmt an, dass durch die im Bindegewebe eingestreuten Zellen die Sekretion erfolgt. Doch haben mich gewisse Schnittbilder, besonders Tangentialschnitte durch die Follikelwand eher dazu geführt, den zweiten Zelltyp als für die Sekretion verantwortlich anzusehen. An einigen Stellen ist ein deutlicher Sekretfaden zu sehen, der durch die Wandzellschicht ins Lumen der Zelle reicht. (Abb. 4.) Ob möglicherweise auch die Wandzellen selbst Sekret ausscheiden, lässt sich nicht sagen, da es in den Präparaten meistens ziemlich von ihnen abgehoben ist. Das fixierte Sekret zeigt ein wirres Durcheinander von fädigen Gebilden, die gleich gefärbt sind, wie das umgebende Neuropilemm des Gehirns. Die Konsistenz des Follikelinhaltes dürfte schleimartig sein. Thore vermutet, dass die Substanz in die Kategorie der Proteine gehört. Ein Feinstruktur, wie z. B. Granula, war auch bei stärkster Vergrösserung (bis 1300 ×) nicht zu beobachten.

Der Eindruck, den uns das Bild der Drüse vermittelt, drängt zu einem Vergleich mit der Epistellardrüse der Octopoden. Diese wurde eingehend von Young (1936) wie auch von Cazal und Bogoraze (1944 u. 1949) beschrieben. Man findet dort ebenfalls verschiedene Zelltypen, deren einer in ähnlicher Weise Sekret in das Lumen der Drüse abscheidet, wie dies bei dem hier untersuchten Komplex der Fall ist.

Über die Physiologie der Drüsen ist nichts bekannt. In der ganzen Literatur waren keinerlei Angaben zu finden. Auch die Untersuchungen von Klemensiewicz (1878) über den Farbwechsel bei Cephalopoden zeigen kaum einen Anknüpfungspunkt, der es zuliesse, eine Mitwirkung von Hormonen beim Chromatophorenspiel *a priori* anzunehmen.

CORPUS SUBPEDUNCULATUM

Wir finden dieses Gebilde sowohl bei Octopoden als auch Decapoden. Bei *Illex* liegt es auf der caudal-dorsalen Seite des Pedunculus opticus (Abb. 1). Die äussere Gestalt ist oval bis nierenförmig, etwa 1 × 0,6 × 0,6 mm. Nur ein kleiner Teil ist mit dem Pedunculus verwachsen. Es scheint auch, als ob sich an



a *b*

50 μ

Abb. 5.

Corpus subpedunculatum.
a) Peripherie; *b)* Zentraler Teil.

Verzeichnis der Abkürzungen.

Cs	=	Corpus subpedunculatum
D I	=	Hauptdrüsenkomplex
D II	=	Nebendrüsenkomplex
Gp	=	Ganglion pedunculi
I	=	Innervierung des Drüsenkomplexes D I
Lbr	=	Lobus brachialis
Lfi	=	Lobus frontalis inferior
Lfs	=	Lobus frontalis superior
Ll	=	Lobus lateralis
Lv	=	Lobus verticalis
Lvs	=	Lobus visceralis
Oe	=	Oesophag
Po	=	Pedunculus opticus
Lo	=	Lobus opticus

dieser Stelle Gefässe aus dem Corpus subpedunculatum mit solchen aus der Drüse vereinigen um gemeinsam dem Pedunculus entlang nach dorsal zu ziehen.

Auch rein histologisch ist das Corpus subpedunculatum ein auffälliges Gebilde. Schon beim oberflächlichen Betrachten zeigt sich eine von den übrigen Gehirnteilen vollständig verschiedene Struktur: Nervenfaser oder ganglienartige Teile fehlen, Zellen und

Bindegewebe sind ziemlich regelmässig verteilt, follikelartige Gebilde sind keine erkennbar.

Wie können drei Zelltypen unterscheiden: 1. der gewöhnliche, ganglienzellenartige, von rund 4—5 μ Kerndurchmesser und intensiver Färbung. 2. Der nur leicht angefärbte Typ, wie wir ihn schon in der Drüse angetroffen haben, hier jedoch mit einem Durchmesser von 10 μ. 3. Ein Typ, der dem zweiten äusserlich ähnlich ist, aber beinahe keine Granula aufweist, dafür aber 1—3 nukleolenartige Teile. Er bildet meistens das Zentrum eines Kreises, dessen Peripherie von Zellen des 1. Typus gebildet wird. Im Bild ergibt sich dadurch häufig eine wabenartige Struktur (Abb. 5 *b*). Ob der Hohlraum normalerweise von Plasma oder eventuell von einem Sekret erfüllt ist, lässt sich aus den Präparaten nicht schliessen.

Der zweite Zelltyp tritt besonders zahlreich an der Peripherie des Corpus subpedunculatum auf. Er erreicht dort gelegentlich bis 15 μ im Kerndurchmesser (Abb. 5 *a*).

Der ganze Drüsenkörper ist von zahlreichen Blutgefässen durchzogen, was den Schluss zuliesse, dass auch diesem Körper inkretorische Funktionen zuzuschreiben sind.

TABELLE.

Follikel Nr.	In Verbindung mit Follikel Nr.
1	2 / 3 / 4 / 7
2	1 / 3
3	1 / 2 / 4
4	1 / 3 / 5 / 6
5	4
6	4 / 7
7	1 / 6 / 8
8	7 / 9
9	8 / 10
10	9

LITERATURVERZEICHNIS

Cazal, P. & Bogoraze, D. 1944. *La glande épistellaire du Poulpe (Octopus vulgaris Lam.) Organe neurocrine.* Arch. Zool. exp. gén. Notes et Rev. Paris. 84: 1.

— 1949. *Les glandes neurocrines des Céphalopodes.* Année biol. (3). 25.

Hanström, B. 1928. *Vergleichende Anatomie des Nervensystems wirbelloser Tiere.* Berlin.

— 1938. *Innersekretorische Organe und Hormonfunktionen bei Wirbellosen.* Leipzig.

Klemensiewicz, R. 1878. *Beiträge zum Farbwechsel der Cephalopoden.* Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss. Math.-Nat. Cl. 78.

Koller, G. 1938. *Hormone in Wirbellosen.* Leipzig.

Richter, K. 1913. *Das Nervensystem der Oegopsiden.* Z. Zool. 106.

Thore, S. 1939 *a*. *Beiträge zur Kenntnis der vergleichenden Anatomie des zentralen Nervensystems dibranchiater Cephalopoden.* Mitteil. Zool. Station Neapel. 17,3.

— 1939 *b*. *Cephalopodenstudien II.* Kungl. Fysiografiska Sällskapets I Lund Förhandlingar Bd. 15.

— 1939 *c*. *Cephalopodenstudien IV.* Ib. 9, 10.

Young, J. Z. 1936. *The giant nerve fibre and epistellar body of Cephalopods.* Quart. J. micr. Sci. N.S. London. 78, 3.